

PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN LERENG DAN LEBAR PONDASI DENGAN RASIO $d/B = 1$ TERHADAP DAYA DUKUNG PONDASI PADA PEMODELAN FISIK LERENG DENGAN PERKUATAN GEOGRID

Ditha Permata, As'ad Munawir, Yulvi Zaika

Jurusan Teknik Sipil – Fakultas Teknik Universitas Brawijaya

Jalan MT. Haryono 167, Jawa Timur, Indonesia

Email : dithapermataa@gmail.com

ABSTRAK

Menipisnya ketersediaan lahan tanah datar mengalihkan dunia konstruksi untuk memulai memanfaatkan kondisi tanah yang memiliki kemiringan tertentu (lereng). Pembangunan diatas tanah lereng tentu memiliki resiko tinggi terhadap bahaya longsor. Penelitian ini dilakukan dengan membuat pemodelan fisik lereng tanpa dan dengan perkuatan geogrid dengan RC 74%. Variabel kemiringan yang digunakan disesuaikan dengan variasi yang telah ditentukan dengan meletakkan pondasi lajur menerus diatas lereng dengan variasi dimensi lebar yang telah ditentukan. Jenis perkuatan yang akan digunakan ialah geogrid berjenis biaxial yang terbuat dari bahan *polyester*. Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa semakin kecil sudut kemiringan lereng akan menghasilkan daya dukung yang optimum. Sedangkan dalam variasi dimensi lebar diperoleh semakin besar dimensi pondasi maka daya dukung yang diperoleh tidak optimum. Kontribusi dari jumlah perkuatan yang digunakan merupakan faktor yang berpengaruh terhadap penentuan dimensi lebar pondasi agar diperoleh hasil yang optimum. Dalam penelitian ini peningkatan daya dukung yang optimum berada pada kondisi kemiringan 46° dengan lebar pondasi 4 cm, dimana peningkatan yang terjadi 2,746.

Kata kunci : daya dukung pondasi menerus, lereng tanah pasir, perkuatan geogrid, variasi kemiringan lereng, variasi lebar pondasi.

PENDAHULUAN

Menipisnya ketersediaan lahan tanah datar mengalihkan dunia konstruksi untuk memulai memanfaatkan kondisi tanah yang memiliki kemiringan tertentu (lereng). Pembangunan diatas tanah lereng memiliki resiko tinggi terhadap bahaya longsor. Faktor yang harus diperhatikan dalam menghindari kelongsoran adalah kemiringan lereng itu sendiri. Selain itu, pemilihan bentuk dan dimensi pondasi juga merupakan faktor yang perlu

diperhatikan guna memperoleh daya dukung yang diinginkan. Terdapat berbagai jenis alternatif yang dapat dilakukan guna meningkatkan daya dukung pada sebuah lereng, salah satunya ialah dengan perkuatan geogrid. Oleh sebab itu penelitian ini dilakukan untuk mendapatkan parameter variabel kemiringan lereng dan lebar pondasi yang menghasilkan daya dukung paling optimum pada lereng dengan perkuatan.

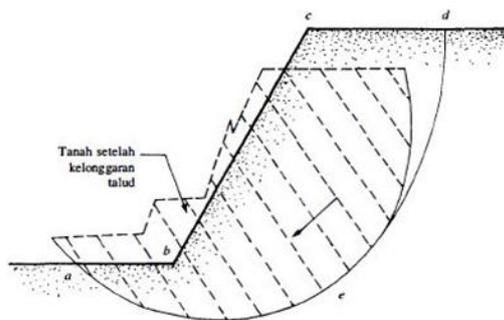
TUJUAN

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui bagaimana mekanisme kinerja perkuatan geogrid dalam meningkatkan nilai daya dukung. Selain itu diharapkan dapat diketahui variabel kemiringan sudut dan variabel dimensi lebar yang dapat menghasilkan daya dukung paling optimum

TINJAUAN PUSTAKA

Keruntuhan pada lereng

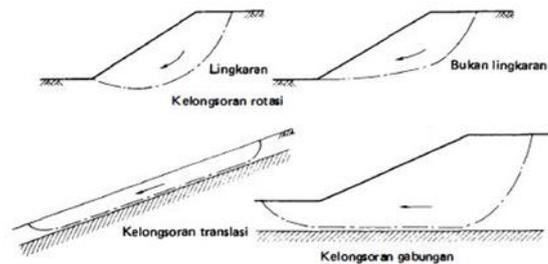
Suatu permukaan tanah yang miring dengan sudut tertentu terhadap bidang horizontal kita sebut sebagai lereng. Lereng ini dapat terjadi secara alamiah atau buatan. Bila permukaan tanah tidak datar, maka komponen berat tanah yang sejajar dengan kemiringan lereng akan menyebabkan tanah bergerak ke arah bawah seperti **Gambar 1**. Bila komponen berat tanah tersebut cukup besar, kelongsoran lereng dapat terjadi.



Gambar 1. Kelongsoran Lereng

Lereng dapat digolongkan dalam dua tipe yaitu lereng tak terbatas dan lereng terbatas, Lereng tak terbatas merupakan kondisi dimana tanah yang mempunyai kedalaman tertentu dengan permukaan miring, terletak di atas lapisan batu dengan kemiringan permukaan yang sama. Sedangkan lereng terbatas merupakan kondisi di mana suatu timbunan terletak di atas tanah asli yang miring. Adapun jenis-jenis gerakan

kelongsoran tanah yang biasanya terjadi seperti yang dijelaskan **Gambar 2**. Adalah kelongsoran translasi dan kelongsoran rotasi.



Gambar 2. Jenis-jenis Kelongsoran

Analisis Daya Dukung Pondasi Dangkal di atas Lereng Tanpa Perkuatan

Solusi Meyerhof

Dalam teori Meyerhof menyarankan persamaan daya dukung dengan memperhatikan bentuk pondasi, kemiringan beban, dan kuat geser tanah di atas dasar pondasi. Untuk tanah pasir, Meyerhof menyatakan daya dukung pondasi menerus di atas lereng pada persamaan berikut ini :

$$q_u = \frac{1}{2} \gamma B N_{\gamma q}$$

dimana.

q_u = daya dukung (kN/m²)

B = lebar pondasi (cm)

$N_{\gamma q}$ = faktor daya dukung

γ = berat isi tanah (gr/cm³)

Solusi Hansen dan Vesic

Untuk kondisi $b = 0$ (pondasi tepat berada di tepi lereng), Hansen menyatakan daya dukung batas dari pondasi menerus tersebut sebagaimana dijelaskan pada persamaan :

$$q_u = c N_c \lambda_{c\beta} + q N_q \lambda_{q\beta} + 0,5 \gamma B N_\gamma \lambda_{\gamma\beta}$$

$$\text{dengan } \lambda_{q\beta} = \lambda_{\gamma\beta} = (1 - \tan \beta)^2$$

$$q = \gamma \cdot D_f$$

N_c, N_q, N_γ = Faktor – faktor daya dukung Hansen

$\lambda_{c\beta}, \lambda_{q\beta}, \lambda_{\gamma\beta}$ = Faktor – faktor lereng

Solusi Meyerhof-Gemperline

Persamaan *Gemperline* diperlihatkan pada persamaan :

$$N_\gamma q = f_\phi \times f_B \times f_{D/B} \times f_{B/L} \times f_{D/B, B/L} \times f_{\beta, d/B} \times f_{\beta, d/D, D/B} \times f_{\beta, d/B, B/L}$$

Dengan :

ϕ = sudut geser dalam tanah

α = sudut kemiringan lereng

B = lebar pondasi (inchi)

L = panjang pondasi (inchi)

d = jarak pondasi ke puncak lereng

$$f_\phi = 10 (0,1159\phi - 2,386)$$

$$f_B = 10 (0,34 - 0,2 \log B)$$

$$f_{D/B} = 1 + 0,65 (D/B)$$

$$f_{B/L} = 1 - 0,27 (B/L)$$

$$f_{D/B, B/L} = 1 + 0,39 (D/L)$$

$$f_{\beta, b/B} = 1 - 0,8 [1 - (1 - \tan \beta)^2] \{ 2 / [2 + (b/B)^2 \tan \beta] \}$$

$$f_{\beta, b/B, B/L} = 1 + 0,33 (D/B) \tan \beta \{ 2 / [2 + (b/B)^2 \tan \beta] \}$$

Bearing Capacity Improvement (BCI)

Pengaruh adanya perkuatan baik menggunakan geogrid ataupun perkuatan jenis lain, digambarkan dalam bentuk besaran non-dimensional yang biasa disebut BCI. *Bearing Capacity Improvement* (BCI) adalah perbandingan rasio antara daya dukung tanah saat diberi perkuatan dengan daya dukung tanah tanpa diberi perkuatan. Dari penelitian ini dapat diketahui peningkatan daya dukung (*Improvement Bearing Capacity*) dengan membandingkan daya dukung dengan dan

tanpa perkuatan geogrid, yang dapat dilihat pada persamaan :

$$BCI = \frac{q}{q_0}$$

Perkuatan Geogrid

Geogrid adalah inovasi yang dibuat untuk menutupi kekurangan pada geotekstil terutama dalam masalah kekakuan bahan dan mekanisme perkuatan. Dalam penelitian ini, digunakan jenis geogrid biaxial. Kuat tarik yang dimiliki bahan jenis ini ialah bervariasi diantara 20 kN/m hingga 40 kN/m. Metode kerja geogrid biaxial adalah interlocking, artinya geogrid jenis ini akan bekerja mengunci agregat yang ada di atas geogrid sehingga lapisan agregat tersebut lebih kaku, dan mudah dilakukan pemadatan. Dalam penelitian ini jenis perkuatan yang akan digunakan akan dijelaskan sebagaimana dalam **Tabel 1**

Tabel 1 Karakteristik Geogrid

Karakteristik	Nilai
Tipe	Biaxial
Polymer	Polyester
Bentuk	Lembaran
Warna	Hitam
Tensile strength	40 kN/m
Regangan	11 %
Creep limited strength	28.6 kN/m (60 tahun)
Construction damage	1.21
Environmental effects soil	1.05

METODE PENELITIAN

Pengujian Dasar

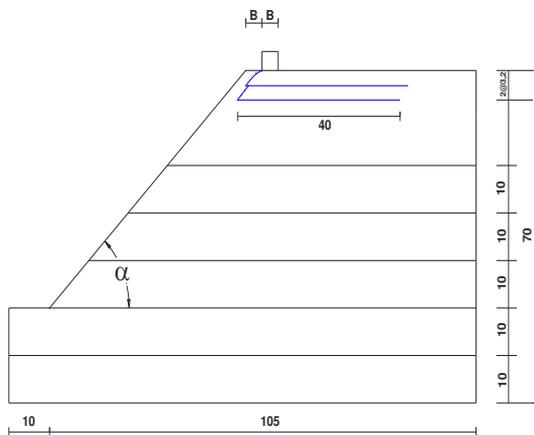
Dalam penelitian ini dipergunakan tanah pasir dengan pemadatan relative (Rc) 74%. Dilakukan Uji pemeriksaan dasar pada tanah, yaitu :

- Pemeriksaan analisis saringan berdasarkan ASTM C-136-46
- Pemeriksaan berat jenis tanah berdasarkan ASTM D-854-58
- Kepadatan standart (*Compaction*) berdasarkan ASTM D-698-70

- d. Pemeriksaan kekuatan geser langsung (*Direct Shear*) berdasarkan ASTM D-3080-72

Jumlah dan Perlakuan benda uji

Pada penelitian ini pemodelan dibuat sebanyak 9 buah benda uji dengan menggunakan variasi kemiringan sudut lereng dan variasi dimensi lebar pondasi yang sudah ditentukan untuk pondasi menerus yang diletakkan di permukaan lereng. Pemodelan lereng dibuat dengan tiga variasi sudut yaitu 46° , 51° , dan 56° dan tiga variasi dimensi lebar pondasi yaitu 4 cm , 6 cm , dan 8 cm. Penempatan pondasi menggunakan rasio jarak pondasi ke tepi lereng dengan lebar pondasi sebesar satu ($d/B = 1$). Untuk pemasangan geogrid digunakan 2 lapisan, dengan jarak antar geogrid 3 cm dan panjang geogrid 40 cm. Pemodelan lereng ditampilkan pada **Gambar 3**



Gambar 3 Model Penelitian

Dalam penelitian ini box yang digunakan merupakan box yang menggunakan pelat baja dengan ukuran 150 cm x 100 cm x 100 cm. Box dibuat cukup kaku dengan harapan agar dapat mempertahankan kondisi regangan.

Metode Pengambilan Data

Dalam penelitian ini dibuat 9 pemodelan lereng tanpa perkuatan dan 9 pemodelan lereng dengan perkuatan geogrid dengan variabel berupa variasi kemiringan sudut 46° , 51° , dan 56° dan variasi dimensi lebar pondasi 4 cm, 6 cm, dan 8 cm. Variasi perlakuan pemodelan dapat dilihat dalam **Tabel 2**

Tabel 2 Variasi Pemodelan Lereng Penelitian

Rc 74% Jarak antar geogrid (Sv) = 3 cm Panjang Geogrid = 40 cm Rasio d/B = 1 Jumlah Lapisan (n) = 2	α		
	46°	51°	56°
B = 4 cm	√	√	√
B = 6 cm	√	√	√
B = 8 cm	√	√	√

Setelah dilakukan uji pembebanan dan memperoleh beban runtuh maksimum dan penurunan di setiap masing masing pemodelan dengan variasinya, dilakukan pengolahan data dengan menghitung nilai daya dukung ultimit menggunakan persamaan sebagaimana berikut :

$$q_u = \frac{P_u}{A}$$

Dimana,

P_u = Beban maksimum yang dicatat saat uji pembebanan (kg)

A = Luasan Pondasi (cm^2)

Kemudian setelah memperoleh nilai daya dukung ultimit, selanjutnya akan dilakukan analisis peningkatan nilai daya dukung atau *Bearing Capacity Improvement* (BCI) sebagaimana dijelaskan dalam tinjauan pustaka.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Bahan Penelitian

Dalam penelitian ini pasir yang akan digunakan ialah tanah berbutir kasar yang tergolong kedalam *Poorly Graded Sand*, dengan persentase lolos saringan no. 200 sebesar 3,47% dimana nilai C_u sebesar 4,33 dan C_c sebesar 0,641. Untuk hasil analisis specific gravity berat jenis rata-rata yang diperoleh ialah 2,6481. Sedangkan dalam analisis pemadatan kadar air optimum yang digunakan dalam penelitian ini ialah sebesar 13,04% dengan γ_{lap} 1,333 gr/cm³ yang akan dijadikan angka control kadar air pada setiap lapisan pemodelan lereng.

Analisis Daya Dukung Tanah Pasir dengan RC 74%

Pada analisis lereng tanpa perkuatan, dapat digunakan beberapa pendekatan analitik dalam menghitung nilai daya dukung sehingga dapat membandingkan nilai yang dihasilkan dalam eksperimen percobaan dengan nilai yang dihasilkan dalam perhitungan metode Gempertline dan metode Hansen seperti yang disajikan dalam **Tabel 3**.

Tabel 3 Nilai Daya Dukung eksperimen dan analitik

No	Variabel tetap	Variabel bebas	Eksperimen (kN/m ²)	Hansen (kN/m ²)	Meyerhoff-Gempertline (kN/m ²)
1	d/B = 1	B = 4 ; a = 46	29.082	7.058	16.876
2		B = 4 ; a = 51	27.806	7.042	16.835
3		B = 4 ; a = 56	27.168	7.026	16.794
4		B = 6 ; a = 46	28.656	10.588	23.342
5		B = 6 ; a = 51	27.551	10.563	23.285
6		B = 6 ; a = 56	26.701	10.539	23.229
7		B = 8 ; a = 46	27.806	14.117	29.383
8		B = 8 ; a = 51	26.913	14.085	29.312
9		B = 8 ; a = 56	25.957	14.052	29.241

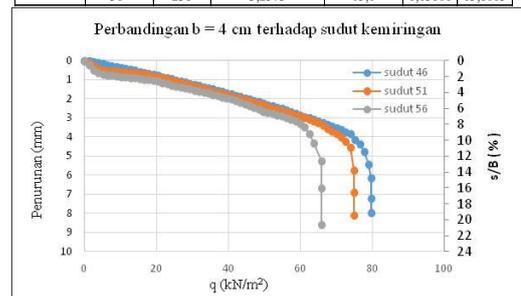
Analisis Daya Dukung untuk Lereng dengan Perkuatan pada variasi Lebar Pondasi dan Kemiringan Lereng

Pada hasil eksperimen lereng dengan perkuatan diperoleh daya dukung maksimum berada pada kondisi dimensi lebar pondasi empat cm dan dengan sudut kemiringan lereng sebesar 46°, yakni

sebesar 79,847 kN/m². Hasil dan grafik eksperimen dijelaskan dalam **Tabel 4** dan **Gambar 4**.

Tabel 4 Nilai daya dukung berdasarkan eksperimen untuk lereng perkuatan dengan B = 4 cm dan variasi kemiringan lereng (α)

Lebar Pondasi (B)	Kemiringan Lereng (α)	Beban (kg)	Penurunan (mm)	s/B (%)	qu (kg/cm ³)	qu (kN/m ²)
4 cm	46°	313	6,165	15,4125	0,79847	79,8469
	51°	294	5,76	14,4	0,75	75
	56°	258	5,2375	13,1	0,65816	65,8163



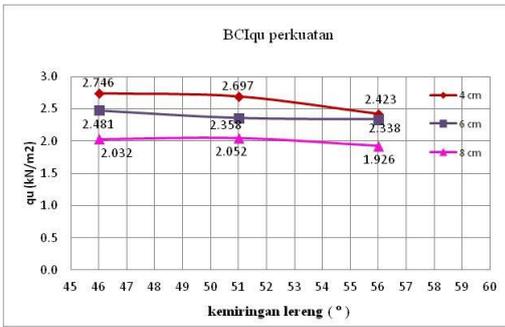
Gambar 4 Grafik hubungan daya dukung dan penurunan lereng menggunakan perkuatan

Analisis Bearing Capacity Improvement Berdasarkan Daya Dukung Batas (BCIqu)

Untuk mengetahui terjadinya peningkatan nilai daya dukung pada lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan geogrid maka dilakukan analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCIqu). Dalam penelitian ini menunjukkan peningkatan yang terjadi dengan nilai BCI yang lebih dari 1. Hasil dan grafik analisis BCIqu akan disajikan pada **Tabel 5** dan **Gambar 5** berikut.

Tabel 5 Nilai BCIqu

Lebar Pondasi (B)	Kemiringan Lereng (α)	qu (kN/m ²)	qu lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	BCIqu
4 cm	46°	79.85	29.08	2.746
	51°	75.00	27.81	2.697
	56°	65.82	27.17	2.423
6 cm	46°	71.09	28.66	2.481
	51°	64.97	27.55	2.358
	56°	62.41	26.70	2.338
8 cm	46°	56.51	27.81	2.032
	51°	55.23	26.91	2.052
	56°	50.00	25.96	1.926



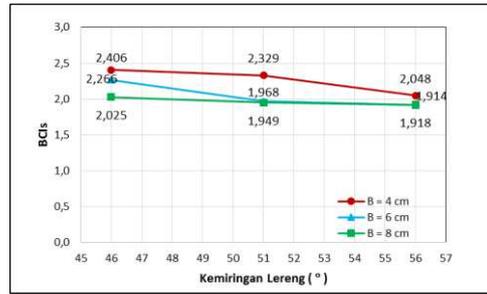
Gambar 5 Grafik perbandingan peningkatan BCIqu antar lereng dengan perkuatan

Analisis Bearing Capacity Improvement (BCIs) Berdasarkan Penurunan saat s/B (rasio penurunan) 2%, 4%, dan 6%.

Analisis *Bearing Capacity Improvement* (BCIs) ini dilakukan untuk mengetahui rasio peningkatan yang terjadi pada lereng tanpa perkuatan dengan menggunakan perkuatan geogrid pada saat penurunan (*settlement*) yang sama. Analisis BCIs ini dilakukan dalam tiga kondisi yang berbeda yakni pada saat s/B 2%, s/B 4%, dan s/B 6%. Hasil dari analisis BCIs ini menunjukkan bahwa rasio peningkatan yang paling maksimum terjadi pada kondisi lebar pondasi 4 cm dan dengan sudut kemiringan 46°. Pada s/B 2% nilai BCIs maksimum mencapai 2,406, pada saat s/B 4% diperoleh hasil BCIs maksimum mencapai 2,666, sedangkan pada saat s/B 6% BCIs maksimum yang dicapai ialah sebesar 2,760. Hasil analisis BCIs akan disajikan pada **Tabel 6**, **Tabel 7**, dan **Tabel 8**. Sedangkan grafik analisis BCIs akan disajikan pada **Gambar 6**, **Gambar 7** dan **Gambar 8**.

Tabel 6 Nilai BCIs pada saat s/B = 2%

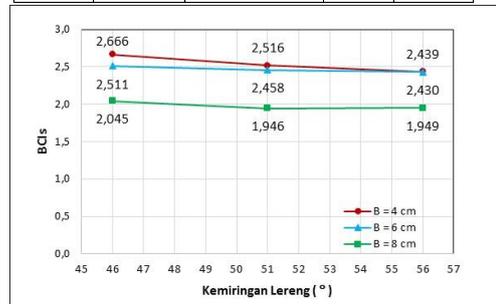
Lebar Pondasi	Kemiringan Lereng (α)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	q (kN/m ²)	BCI s
4 cm	46	8.570	20.621	2.406
	51	8.274	19.274	2.329
	56	4.092	8.382	2.048
6 cm	46	16.700	37.840	2.266
	51	13.701	26.968	1.968
	56	11.170	21.380	1.914
8 cm	46	24.635	49.887	2.025
	51	21.126	41.167	1.949
	56	18.624	35.714	1.918



Gambar 6 Grafik perbandingan peningkatan BCIs pada saat s/B=2%

Tabel 7 Nilai BCIs pada saat s/B = 4%

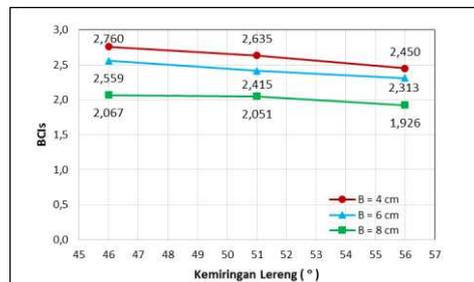
Lebar Pondasi (cm)	Kemiringan Lereng (α)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	q (kN/m ²)	BCI s
4	46	14.240	37.959	2.666
	51	14.190	35.830	2.525
	56	13.023	31.760	2.439
6	46	23.306	58.532	2.511
	51	22.927	56.354	2.458
	56	20.534	49.887	2.430
8	46	27.099	55.404	2.045
	51	26.827	52.204	1.946
	56	25.598	49.895	1.949



Gambar 7 Grafik perbandingan peningkatan BCIs pada saat s/B=4%

Tabel 8 Nilai BCIs pada s/B = 6%

Lebar Pondasi (cm)	Kemiringan Lereng (α)	q lereng tanpa perkuatan (kN/m ²)	q (kN/m ²)	BCI s
4	46	19.073	52.648	2.760
	51	19.320	50.914	2.635
	56	18.950	46.429	2.450
6	46	27.398	70.103	2.559
	51	25.780	62.266	2.415
	56	25.377	58.695	2.313
8	46	27.806	56.505	2.067
	51	26.913	55.198	2.051
	56	25.957	50.000	1.926



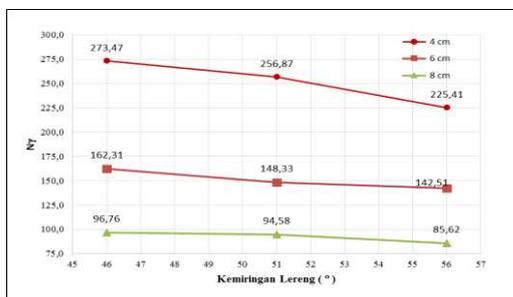
Gambar 8 Grafik perbandingan peningkatan BCIs pada saat s/B=6%

Analisis Faktor N_γ berdasarkan Daya Dukung Ultimit

Untuk mengetahui pengaruh variasi lebar pondasi dan sudut kemiringan lereng terhadap nilai $N_{\gamma q}$ maka selanjutnya dilakukan analisis faktor N_γ dengan menggunakan formula $q_u = \frac{1}{2} \times \gamma \times B \times N_\gamma$. Hasil analisis menunjukkan bahwa semakin besar lebar pondasi maka terjadi penurunan pada faktor N_γ . Hasil dan Grafik akan disajikan dalam **Tabel 9** dan **Gambar 9**.

Tabel 9 Nilai Faktor N_γ untuk setiap variasi lebar pondasi

Lebar Pondasi (cm)	sudut (°)	q_u	N_γ
4	46	79,84693878	273,47
	51	75	256,87
	56	65,81632653	225,41
6	46	71,08843537	162,31
	51	64,96598639	148,33
	56	62,41496599	142,51
8	46	56,50510204	96,76
	51	55,22959184	94,58
	56	50	85,62



Gambar 9 Grafik perbandingan nilai faktor N_γ

Pengaruh Kemiringan Lereng dan Lebar Pondasi terhadap Nilai Daya Dukung

Data hasil eksperimen pada variasi kemiringan lereng menunjukkan terjadi peningkatan daya dukung hampir seragam dari lereng tanpa perkuatan terhadap lereng yang menggunakan perkuatan geogrid. Untuk peningkatan yang ditinjau dari daya dukung ultimit memiliki *trend line* yang serupa, yaitu semakin besar sudut maka daya dukung akan berkurang. Dalam

penelitian ini daya dukung yang maksimum terjadi pada sudut kemiringan 46° .

Dalam hasil perhitungan BCIs yang sama saat s/B 2%, 4%, dan 6% peningkatan paling optimum di dapatkan ketikan variasi sudut 46° . Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh SV Anil Kumar dan K. Ilamparuthi, yang memperoleh hasil semakin kecil kemiringan lereng daya dukung tanah lereng di bawah pondasi akan semakin meningkat.

Jika ditinjau dari peningkatan beban runtuh maksimal pada variasi lebar pondasi, pondasi dengan lebar 8 cm memiliki baban paling maksimal. Namun hal sebaliknya terjadi pada nilai daya dukung, dimana semakin besar lebar pondasi diperoleh nilai daya dukung yang kian mengecil. Hal ini disebabkan pada penelitian eksperimen digunakan persamaan $q_u = P/A$, sehingga didapatkan kondisi semakin besar lebar pondasi nilai daya dukungnya kian menurun, selain itu hal ini juga mungkin dapat disebabkan oleh kondisi jarak antar lapisan perkuatan dimana dalam penelitian ini lebar pondasi 8 cm tidak masuk ke dalam rentang jarak yang digunakan yaitu $0.75B$. Jika ditinjau dari penurunan (*settlement*) yang sama saat s/B 2%, s/B 4%, dan s/B 6% menghasilkan daya dukung yang sama dimana peningkatan terbesar terjadi pada kondisi lebar pondasi 4 cm dengan sudut kemiringan 46° .

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagaimana berikut :

1. Terjadi peningkatan daya dukung pondasi menerus dari kondisi lereng tanpa perkuatan dengan

- lereng yang menggunakan perkuatan geogrid
2. Peningkatan daya dukung dipengaruhi oleh variasi kemiringan sudut dimana semakin kecil kemiringan sudut lereng, maka daya dukung yang dihasilkan akan semakin meningkat
 3. Dalam penelitian ini variabel yang dominan dalam meningkatkan daya dukung adalah variabel kemiringan sudut yang dapat meningkatkan hingga 30,42%.
 4. Beban runtuh maksimum terjadi pada dimensi lebar pondasi 8 cm dan pada kemiringan sudut 46° .
 5. Ditinjau dari nilai BCI_{qu} , maka yang menghasilkan daya dukung maksimum adalah kondisi pada saat $B = 4$ cm dan $\alpha = 46^\circ$.
 6. Berdasarkan analisis nilai BCI_s pada saat kondisi $s/B=2\%$, $s/B=4\%$, dan $s/B=6\%$ yang terjadi, variasi yang memberikan nilai daya dukung paling optimum terjadi pada saat $B = 4$ cm dan $\alpha = 46^\circ$.
 7. Berdasarkan analisis faktor N_γ berdasarkan daya dukung ultimit, N_γ maksimum terjadi pada sudut kemiringan 46° dan lebar pondasi 4 cm sebesar 273,47 pada daya dukung ultimit sebesar 79,847 kN/m^2 .

DAFTAR PUSTAKA

- Altalhe, Enas B., Mohd Raihan Taha, Numerical and Experimental Evaluation of Bearing Capacity Faktor N_γ of Strip Footing on Sand Slope. *International Journal of Physical Science*. Malaysia : Universiti Kebangsaan Malaysia.
- El Sawwaf, Mostafa A dan Nazir, Ashraf K. 2011. *Perilaku Penurunan Siklis Pondasi Menerus Pada Perkuatan Lapisan Lereng Pasir*. Mesir : Universitas Tata
- Naieni, S.A., Rabe, B. Khadem, dan Mahmoodi, E. 2011. *Daya Dukung dan Penurunan Pondasi Menderus Pada Perkuatan Geosintetik Lapisan Lempung*. Iran : Imam Khomeni International University
- SV Anil Kumar, K. Ilamparuthi. 2009. Respons of Footing on Sand Slopes. *Indian Geotechnical Society Chennai Chapter*. India : Anna Universitas Chennai
- Christady H., Hary. 1990. *Mekanika Tanah*. Yogyakarta: Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Gajah Mada
- Craig, R.F. 1989. *Mekanika Tanah Edisi Keempat*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mekanika Tanah (Prinsip-prinsip Rekayasa Geoteknis) Jilid 2*. Jakarta : Erlangga
- Das, Braja M. 1984. *Mechanic Foundatin engineering, Fourth Edition*. New York : PWS Publishing
- DPU. 2009. *Pedoman Konstruksi Bangunan: Perencanaan dan Pelaksanaan Perkuatan Tanah dengan Geosintetik No. 003/BM/2009*
- Hoang, C. Nguyen, Canh V. Le, Vu P. Q. Nguyen, and Tri P. Truong. 2012. Bearing Capacity of footing Strip Resting on Slope Using Upper Bound Limit Analysis. *Journal of Engineering Technology and Education*. GTSD2012

